

KONVERTER AC-DC TIGA FASA TERKENDALI TERHADAP TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD) PADA BEBAN INDUKTIF BERBASIS LAB-VIEW

Kusnadi¹, Prawito²

^{1,2} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Baru UI, Depok, 16425, Indonesia

2. Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424

e-mail: kusnadi1957@gmail.com, prawito@sci.ui.ac.id

ABSTRACT

Application of non linear loads are widely used in household industries, office buildings and factories such as power converters for motor speed control of ac/dc, un-interruptible power supplies (ups) lampfluorescent using electronic ballasts. Ac-dc converters use of electronics will draw distorted current containing harmonic components and will cause the overall system power factor is reduced. Distorted currents will contain thd% (total harmonic distortion). In the operation of ac-dc converter controlled three-phase, setting the ignition point is worth noting. Giving improper ignition angle can cause the ac-dc converters do not work optimally.

In this study, presented a new method to measure the thd% automatically on the input side of the net ac-dc converter controlled three-phase as a function of ignition angle based on an inductive load lab-view 8.5 and ni-dq 6008. Laboratory experiments conducted by evaluating the value of thd% and looking for work operations ignition angle as a function of thd on the input side of the net ac-dc converter is controlled to a three-phase inductive load using labview 8.5 software and hardware ni-dq 6008.

Experimental results of the operation value of work ac-dc converter: the load I1 = 0.25 h. Value of 31% ≤ thd ≤ 35% and ≤ 52.2 (α0) ≤ 58.09, with a presentation error ≤ 0.2%. For thd < 31% will get the value of %e > 5%, while for thd > 35% will get a %e > 4%. On load I2 = 0.56 h. nilai thd ≤ 31% ≤ 36% and (α0) = 54 with a percentage error ≤ 3%

Keywords: ac-dc converter, thd. Lab view

ABSTRAK

Aplikasi beban non linier sangat luas digunakan di industri rumah tangga, gedung perkantoran dan pabrik seperti konverter daya untuk pengendalian kecepatan motor ac/dc, un-interruptible power supplies (ups) lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik. Penggunaan konverter ac-dc elektronik akan menarik arus terdistorsi yang mengandung komponen harmonisa dan secara keseluruhan akan menyebabkan factor daya system menjadi berkurang. arus yang terdistorsi akan mengandung thd%(total harmonic distortion). Dalam pengoperasian konverter ac-dc tiga fasa terkendali, pengaturan sudut penyalan merupakan hal yang perlu diperhatikan. Pemberian sudut penyalan yang tidak tepat dapat menyebabkan konverter ac-dc tidak bekerja secara optimal.

Pada penelitian ini, suatu metoda baru dipresentasikan untuk mengukur thd% secara otomatis pada sisi input jala-jala konverter ac-dc tiga fasa terkendal sebagai fungsi dari sudut penyalan pada beban induktif berbasis lab-view 8,5 dan ni-dq 6008. Ekperimen dilakukan dilaboratorium dengan cara mengevaluasi nilai thd% dan mencari operasi kerja sudut penyalan sebagai fungsi dari %thd pada sisi input jala-jala konverter ac-dc tiga fasa terkendali untuk beban induktif dengan menggunakan software labview 8,5 dan hardware ni-dq 6008.

Hasil ekperimen menghasilkan nilai operasi kerja konverter ac-dc :pada beban I1=0,25h .nilai 31% ≤ thd ≤ 35% dan 52,2 ≤ (α0) ≤ 58,09 ,dengan presentasi kesalahan ≤ 0,2%. untuk thd < 31% akan mendapatkan nilai %e > 5%, sedangkan untuk thd > 35% akan mendapatkan %e > 4%. Pada beban I2=0,56h. nilai 31% ≤ thd ≤ 36% dan (α0) = 54 dengan persentasi kesalahan ≤ 3%

PENDAHULUAN

Dalam era industrialisasi dan globalisasi seperti sekarang ini, beban-beban dalam sistem distribusi tenaga listrik sangat bervariasi, baik itu beban linier berupa kombinasi beban resistif, induktif dan kapasitif, maupun beban non-linier berupa beban-beban yang berbasis elektronika daya yang menggunakan teknik switching, seperti UPS, konverter daya untuk pengendalian motor dc dan ac, lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik dan lain sebagainya. Umumnya beban non linier bersifat induktif dan menyebabkan arus dan tegangan pada sisi input terdistorsi sehingga kualitas daya akan berkurang. Ada beberapa permasalahan dalam kualitas daya yang mempengaruhi suatu sistem tenaga, salah satu diantaranya adalah harmonisa. Penyebab dari gangguan harmonisa adalah dari penggunaan peralatan konverter daya yang menyebabkan distorsi tegangan dan arus. Harmonisa memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar sistem, sehingga gelombang arus dan tegangan yang dihasilkan tidak sinusoidal murni dan pada akhirnya dapat menimbulkan gangguan pada peralatan transformator. Transformator sangat berperan dalam penyaluran daya ke pusat beban dan merupakan peralatan yang paling merasakan adanya harmonisa, karena letaknya yang lebih dekat terhadap beban konverter daya. Harmonisa arus mengakibatkan pemanasan pada bagian transformator, sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi.

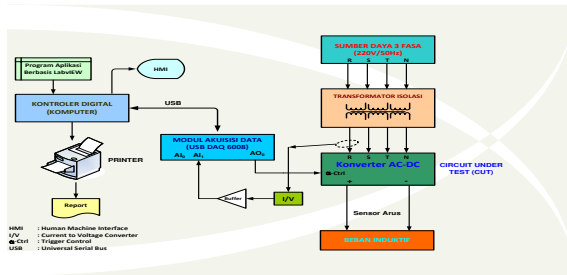
Besarnya distorsi yang ditimbulkan oleh semua komponen harmonisa dinyatakan dalam bentuk THD%. THD% arus pada jala-jala sistem yang direkomendasikan oleh IEEE-Std thn 1992 adalah sebesar $\leq 20\%$.

Dalam pengoperasian konverter ac-dc tiga-fasa terkendali dengan beban induktif, pengaturan sudut penyalan menjadi hal penting untuk diperhatikan. Oleh karena itu pemberian sudut penyalan yang tidak tepat dapat menyebabkan konverter ac-dc tidak bekerja dengan baik. Peralatan konverter tiga-fasa terkendali yang berkualitas memiliki kinerja, fungsi dasar dan standar yang baik, sehingga diharapkan dengan mengetahui nilai THD kualitas daya pada sistem akan menjadi lebih baik.

Berbagai macam cara untuk mengukur THD yang ditimbulkan oleh penggunaan peralatan elektronik antara lain dengan Power Quality Analyzer ataupun Distortion Analyzer. Teknik pengukuran dengan peralatan tersebut, akan mengukur secara langsung mengenai nilai THD. Penggunaan LabVIEW 8,5 dan NIDQ 6008 sebagai alat ukur THD terhadap sudut penyalan dari Konverter ac-dc secara otomatis merupakan suatu metoda baru. Metoda ini akan mengukur THD pada sisi input jala-jala secara otomatis sebagai fungsi dari Sudut penyalan Konverter ac-dc Tiga Fasa untuk beban induktif. Diharapkan alat ukur THD meter otomatis ini, dapat digunakan untuk jenis peralatan Konverter ac-dc yang lain dengan beban yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian didasarkan pada kajian literature, dengan cara melakukan perencanaan (software dan hardware), simulasi, realisasi dan pengujian sistem di Laboratorium Elektronika Daya . Untuk mengukur THD% secara otomatis pada sisi input jala-jala konverter pada beban induktif terhadap operasi kerja sudut penyalan. Deskripsi sistem ditunjukkan pada gambar 1.

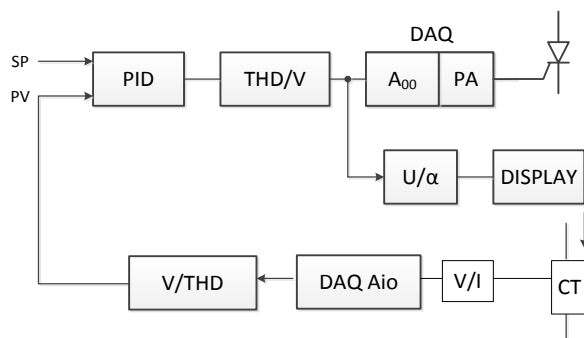


Gambar 1.DeskripsiSistem

Mengukur dan monitoring nilai THD% secara otomatis pada sisi masukan konverter ac-dc tiga fasa sebagai fungsi dari sudut penyalan pada beban induktif yang ditampilkan kekomputer.

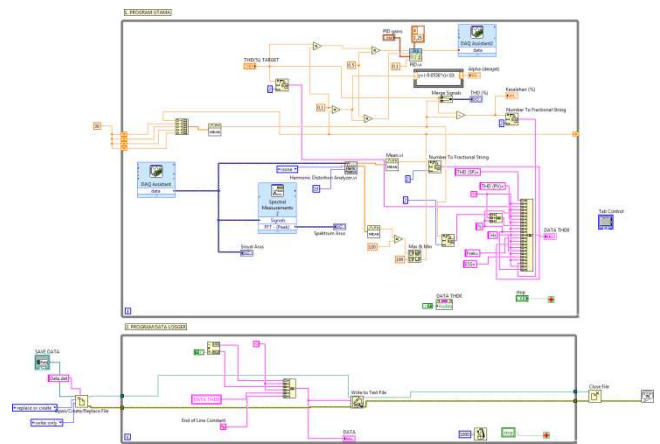
Teknik Akusisi data dipilih dari produk National instrument yang kompatibel dengan LabVIEW yaitu DAQ6008. Pada saat pengukuran akan diketahui nilai THD pada tampilan Program LabVIEW.

Untuk akusisi data menggunakan NI-DAQ 6008 yang kompatibel dengan pemrograman LabVIEW. Penelitian ini dipergunakan trafo arus sebagai deteksi arus pada input jala-jala konverter ac-dc yang diubah ke bentuk tegangan sebagai masukan pada NI-DAQ 6008. Port yang dipakai dalam akusisi data NI-DAQ 6008 adalah Port Ai.0 yang digunakan sebagai input jala-jala R, Port Ao1 yang digunakan sebagai output tegangan dari IC TCA 785, data dikirim ke PC yang akan ditampilkan. Diagram blok pengukuran THD% secara otomatis ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Pengukuran THD Otomatis

Nilai THD Set point akan menentukan nilai tegangan penyulutan dan diubah ke bentuk sudut penyalan yang terbaca pada *display*. Trafo arus digunakan sebagai deteksi arus yang diubah ke bentuk tegangan sebesar 2 volt untuk input DAQ (Ai0) dan akan menentukan nilai THD yang terukur pada input jala-jala konverter ac-dc yang dikonversikan ke bentuk tegangan *output* 5 volt sebagai output DAQ (Ao1) dan akan dibandingkan dengan THD Set Point. Disain program ditunjukkan pada gambar 3.

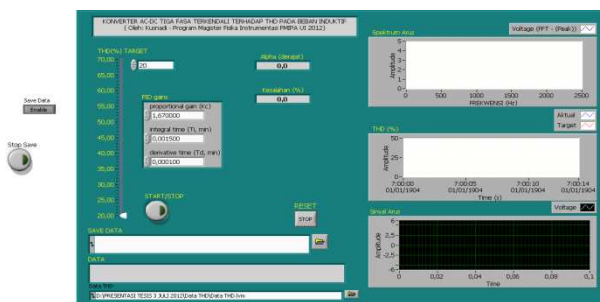


Gambar 3.. Disain Program

Nilai arus yang terbaca oleh *current transformer* sebagai sensor arus di akusisi oleh NI-DAQ 6008. Setelah di akusisi, data tersebut di *Upload* ke dalam DAQ assistant yang terdapat dalam *software*. Data yang telah masuk kedalam DAQ Assistant merupakan data yang telah terdapat tampilan respon THD, gelombang arus harmonik, *spectrum* frekuensi. *Spectrum* frekuensi merupakan distribusi nilai-nilai harmonik dari komponen yang terdapat dalam sisi *input* jala-jala konverter. Kemudian data yang telah *diupload* tersebut dikeluarkan pada panel. Untuk menampilkan nilai Total Harmonik.

Distortion (THD), data dari DAQ Assistan diberi *Graph Indicator*. Dalam

Graph Indicator nilai gelombang THD akan terlihat. Sedangkan untuk nilai *spectrum* frekuensi, Data dari DAQ assistant dijadikan inputan untuk *Spectral Measurement*, *function block* yang terdapat dalam *waveform measument*. Untuk menampilkan *Spectrum* frekuensi, pada *Spectral measurement* dipilih nilai puncak (*Peak Value*), lalu pada *spectral measurement* diberi *graph indicator* yang akan menampilkan nilai *spectrum* frekuensi. Panel kontrol ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Panel Kontrol

Monitoring pada panel kontrol terdiri dari :

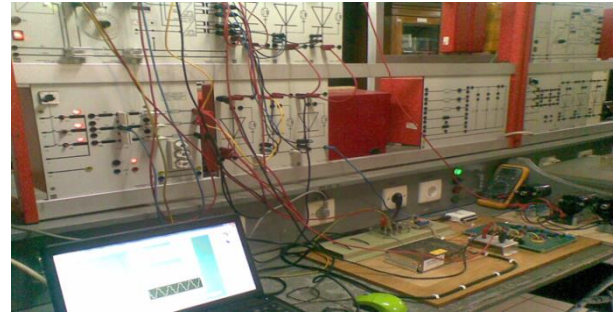
- Spektrum arus
- Respon THD%
- Bentuk gelombang arus terdistorsi
- THD setpoint
- Persentase kesalahan
- Tuning PID(Formula Quarter Decay Ratio)*

Dengan $K_p = 1,67$, $T_i = 0,0125$ dan $T_d = 0,0001$ untuk pengamatan THD dari 20% sampai dengan 37 %. Pada beban $L_1 = 0,25H$ dan $L_2 = 0,56H$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

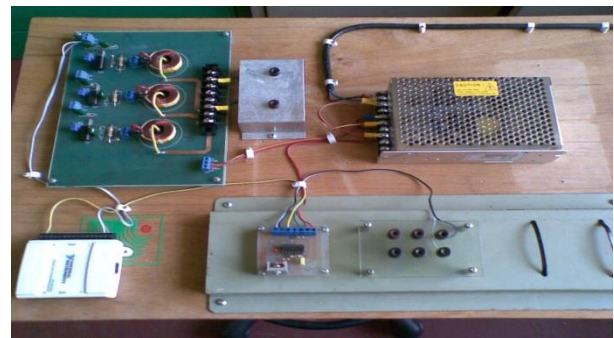
Untuk pembahasan dari penelitian evaluasi THD secara otomatis pada sisi input jala-jala konverter ac-dc tiga fasa terkendali meliputi; data pengamatan, data pengukuran dan analisa data untuk mengevaluasi dari THD sebagai fungsi dari sudut penyalan untuk konverter tiga fasa terkendali pada beban induktif $L_1 = 0,25H$ dan $L_2 = 0,56H$.

Modul Konverter ac-dc 220V/45V, 1500 Watt LeyBold



Gambar 5. Modul Konverter ac-dc (LeyBold)

THD Meter Otomatis



Gambar 6. THD Meter Otomatis

Current Transformer sebagai deteksi arus pada jala-jala konverter ac-dc (Line R) yang akan diubah ketegangan sebesar 2 Volt sebagai input DAQ , output DAQ sebesar 5 volt diteruskan ke rangkaian amplifier sebesar 10 volt sebagai tegangan pengulutan (rangkaiannya set potensiometer 0-10Volt)

Prosedur Pengujian

- Membuat konfigurasi pengamatan sesuai gambar 5
- Mengaturnilai parameter dari PID (K_c , T_i , dan T_d)
- Menentukan target THD yang diinginkan
- Setnama *file* untuk menyimpan data hasil pengukuran
- Menjalankan program
- Mengamati data sudut penyalan, respon sistem, dan persentase kesalahan
- Stop Program

Data Pengukuran

Data pengukuran Tegangan penyulutan (0-10Volt) pada rangkaian kontrol konverter tiga fasa terhadap THD sisi input jala-jala konverter ac-dc untuk beban induktif ($L1=0,25H$ dan $L2=0,56H$)

Vpenyulutan=f(THD%)

Tabel 1. Vpeny.=f(THD)

No	Vpeny(V)	THD(%)	V	Freq (Hz)	Ket
1	2,5	21,85	2,65	49,80	a=0,940203
2	3,0	23,07	3,80	49,86	b=-17,895
3	3,5	23,39	4,10	50,12	
4	4,0	23,46	4,16	50,29	$L1 = 0,25H$
5	4,5	23,67	4,36	50,18	
6	5,0	23,92	4,59	50,30	
7	5,5	24,40	5,05	50,01	
8	6,0	24,73	5,36	50,02	
9	6,5	25,86	6,42	50,13	
10	7,0	26,06	6,61	50,30	
11	7,5	27,00	7,49	50,21	
12	8,0	27,50	7,96	50,33	
13	8,5	27,90	8,34	50,20	
14	9,0	28,50	8,90	50,10	
15	9,5	29,91	10,23	50,10	

Tabel 2. Vpeny.=f(THD)

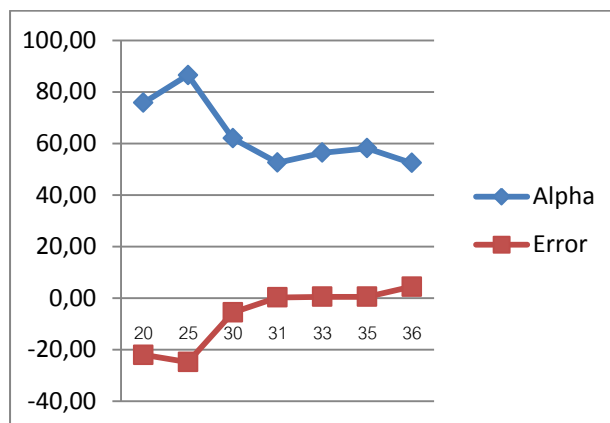
No	Vpeny(V)	THD(%)	V	Freq	Ket
1	2,5	20,01	2,60	49,99	a=1,095145
2	3,0	21,22	3,92	50,06	b=-19,3183
3	3,5	21,60	4,34	50,07	
4	4,0	21,78	4,53	50,12	$L2 = 0,56H$
5	4,5	21,80	4,56	50,21	
6	5,0	21,90	4,67	50,23	
7	5,5	22,30	5,10	50,02	
8	6,0	22,71	5,55	49,94	
9	6,5	23,43	6,34	50,24	
10	7,0	23,60	6,53	50,27	
11	7,5	23,77	6,71	50,11	
12	8,0	24,12	7,10	50,61	
13	8,5	24,99	8,05	50,14	
14	9,0	26,33	9,52	50,04	
15	9,5	27,22	10,49	50,01	

%THD

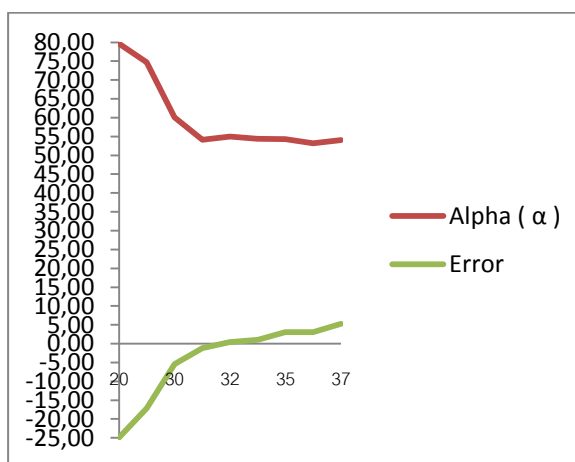
THD = f(α) dan THD = f(%E)

Dari data pengukuran rata-rata untuk $L1=0,25H$ pada THDsp=20%,25%, 30%, 31% , 33%, 35% dan 36%.

Dan $L2 = 0,56H$ pada THDsp= 20%,25%,31%,32%,33%,35%, 36% dan 37% didapatkan grafik sebagai berikut ;



Gambar 7. Grafik: $\alpha^0 = f(THD\%)$,untuk $L1=0,25H$



%THD

Gambar 8 . Grafik: $\alpha^0 = f(THD\%)$,untuk $L2=0,56H$

Analisa Data

Operasi kerja THD dan sudut penyalan konverter ac-dc untuk mendapatkan parameter optimal:

1.Beban ($L1=0,25H$)

Dari grafik 6.4 didapatkan nilai THD% dan %E :

Nilai $31\% \leq THD \leq 35\%$ dan $52,2 \leq (\alpha^0) \leq 58,09$

Dengan presentasi kesalahan $\leq 0,2\%$

Untuk $THD < 31\%$ akan mendapatkan nilai $\%E > 5\%$

Untuk
 $THD\% >$

35% akan mendapatkan $\%E > 4\%$

Dari panel kontrol untuk nilai THD:

$THD < 31\%$ respon THD akan terjadi overshoot dan tidak stabil.

$THD > 35\%$ respon masih stabil, tanpa overshoot.

2. Pada Beban $L_2 = 0,56H$

Dari grafik 7.4. didapatkan nilai THD% dan $\%E$:

Nilai $31\% \leq THD \leq 36\%$ dan $(\alpha^0) = 54$ untuk

(α^0) dari THD $31\% - 36\%$ akan konstan sebesar $= 54$ derajat.

Dengan persentasi kesalahan $\leq 3\%$

$THD < 31\%$ respon THD akan terjadi overshoot dan tidak stabil

$THD > 36\%$ respon masih stabil, tanpa overshoot, tetapi $\%kesalahan > 3\%$

Spektrum arus harmonik dengan frekuensi

50Hz, 250Hz, 350Hz, 550Hz, 650Hz, 850 Hz dan 950Hz

Dari perumusan deret fourier

$$f(t) = a_0 + \sum_{u=1}^{\infty} (a_u \cos u\omega t + b_u \sin u\omega t)$$

$a_0 = 0$

$a_n = 0$ ($n =$ ganjil dan genap)

$b_n = 0$ ($n =$ ganjil)

Amplitudo $= 6I/4\pi n$ (untuk $n =$ ganjil)

Dari bentuk gelombang arus input jala-jala (i_A) konverter ac-dc didapatkan :

Pada operasi $31\% \leq THD \leq 34\%$, bentuk gelombang arus harmonik persegi simetris (6 pulsa)

Dengan perumusan: $h = kp \dots 1$

Dimana $h =$ Nomor harmonic

$k =$ Integer

$p =$ Jumlah pulsa

Maka akan didapatkan persamaan arus harmonik menjadi:

$$I(t) = 6I/4\pi (\sin \omega t + 1/5 \sin 5\omega t + 1/7 \sin 7\omega t + 1/11 \sin 11\omega t + 1/13 \sin 13\omega t + 1/17 \sin 17\omega t + 1/19 \sin 19\omega t)$$

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \dots \dots$$

Dengan memasukan persamaan $I(t)$ akan didapat:

$THD\% = 31\%$. Dari persamaan 2.3.

$$PF = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[\frac{THD}{100}\right]^2}} DPF$$

Bila $DPF = 0,84$ (standar PLN)

Maka $PF = 0,77$. $DPF = \cos \Phi = 0,9$ dan $PF = 0,82$

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan yang telah dikemukakan sebelumnya, penulis merumuskan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

Pengoperasian Konverter ac-dc tiga fasa terkendali pada beban Induktif akan menghasilkan gelombang arus terdistorsi pada sisi input jala-jala.

$THD\%$ (Total Harmonic Distortion) pada konverter ac-dc tiga fasa terkendali dipengaruhi oleh perubahan sudut penyalan dan nilai beban induktif.

Pengoperasian konverter ac-dc tiga fasa terkendali akan menimbulkan THD terukur sebesar 31% dengan spektrum frekuensi 250Hz, 350Hz 550Hz dan 650Hz dengan bentuk gelombang persegi simetris 6 pulsa.

Pada beban induktif ($L_1 = 0,56H$) sebaiknya konverter ac-dc dioperasikan pada $\alpha^0 = 54$ derajat dengan nilai

$31\% \leq \text{THD} \leq 36\%$, respon *output* akan stabil, tanpa *overshoot* dengan persentase kesalahan $\leq 3\%$

Pada beban induktif ($L=0,25H$) sebaiknya konverter ac-dc dioperasikan pada $52,2 \leq \alpha^0 \leq 58,09$ dengan nilai $31\% \leq \text{THD} \leq 35\%$, respon *output* akan stabil, tanpa *overshoot* dengan persentase kesalahan $\leq 0,2\%$

Saran

Pada penelitian ini ditekankan pada metoda pengukuran THD sebagai fungsi dari sudut penyalan pada sisi *input* konverter ac-dc dengan mencari operasi kerja dari THD sebagai fungsi sudut penyalan secara optimal sehingga kinerja sistem baik. Untuk meminimasi harmonisa arus sehingga mendapatkan nilai $\text{THD} \leq 20\%$ sesuai standar IEEE-519 tahun 1992 antara lain dengan menggunakan pergeseran fasa pada transformator atau dengan menggunakan *filter pasif* L-C dan *Filter* daya aktif. Sehingga perlu merumuskan nilai *filter* secara otomatis pada sisi input jala-jala konverter ac-dc yang berfungsi sebagai *static* kompensasi agar bentuk gelombang arus harmonisa mendekati Sinusoida.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohan,Ned. (2003), **Power Electronics And Drives** , <http://www.MNPERE.com>
- [2] Mohan. (1994). **Power Eleetctronic, Converter, Applications and Design** John Willey and Sons, Inc, Singapore.
- [3] National Instrument. (2009). **DAQ 6008 Data Sheet**, <http://www.ni.com>
- [4] Rashid,M.H.(1998). **Power Electronics, Circuit, DevicesandAplications**, Prentice – Hall International,inc,New Jersey.
- [5] Rashid,M.H.(2010). **Power Electronics Hand Book**, AP,
- [6] Rashid,M, H. (2005) **Digital Power Electronics&Applications**, Elseiver Academic Press,USA,
- [7] Syafrudin, (1999). **Perbaikan Faktor Daya Sistem Distribusi Tenaga Listrik yang mensuplai Beban Linier dan Non Linier**, Proceedings, Workshop and Seminar Power Electronics and Electrical Machinery, ITB,
- [8] Sharkawi,M. (2000). **Fundamentals of Electric Drives** Library of Congress Cataloging-in Publication Data, USA, 2000
- [9] Sen,PC, (1990) **Power Electronics**. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.